

第IV部門

道路交通特性の関連性分析と道路交通性能評価への応用

神戸大学大学院 学生会員 ○松村 健志
神戸大学大学院 正会員 喜多 秀行

1.はじめに

道路整備に際して、各道路が担うべき機能とそれに対応する明確な性能目標を定め、これを達成しうる幾何構造と運用方法を選定する性能照査型道路設計法の導入が検討されている¹⁾。

道路の性能照査を行う上で、道路に求められる機能に応じた性能をどの程度満たしているかを判断する性能指標を適切に選定することが重要である。走行性能を表す旅行速度など¹⁾が性能指標として考えられているが、それらに加えて著者らは安全性や旅行時間を考慮した拠点間アクセシビリティ評価指標を提案している²⁾。しかしその導出は必ずしも簡便ではなく、実務者にとって扱いやすい指標ではないという問題が残る。そこで本研究では、この指標を交通量常時観測データから簡便に導出する手法を構築する。

2.拠点間アクセシビリティ評価指標²⁾³⁾

2.1 拠点間アクセシビリティ評価モデル

喜多ら²⁾は「行きやすさ」を図るモデルとして拠点間アクセシビリティ評価モデルを提案した。

$$A = \varphi_1 \frac{S}{v_{goal}} + \varphi_2 \frac{1}{N} \left(V^t \frac{1}{(1+i)^t} \right) + \varphi_3 V_{min} + \varphi_4 \quad (1)$$

ここに、 A は拠点間アクセシビリティ評価値、 S は距離(km)、 v_{goal} は目標旅行速度(km/時)、 N は走行区間内の地点数、 V^t は地点 t での地点評価値、 i は割引率(=0.01)、 V_{min} は地点評価値の最小値、 $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4$ はパラメータである。

(1)式中の地点評価値は以下の様に定義される。

$$V^t = \phi_1 U^t + \phi_2 (U^t - U^{t-1}) + \phi_3 \quad (2)$$

ここに、 U^t は地点 t での瞬間効用値、 ϕ_1, ϕ_2, ϕ_3 はパラメータである。

(2)式中の瞬間効用値 U^t は以下の様に定義される。

$$U^t = \lambda_1 L_1^t + \lambda_2 L_{-1}^t + \mu |v^d - v_0^t| \quad (3)$$

$$L_1^t = \frac{(v_1^t)^2}{-2a} + (v_1^t h_1^t - l) - (v_0^t \Delta t + \frac{(v_0^t)^2}{-2a})$$

$$L_{-1}^t = \frac{(v_0^t)^2}{-2a} + (v_0^t h_{-1}^t - l) - (v_{-1}^t \Delta t + \frac{(v_{-1}^t)^2}{-2a})$$

ここに、 L^t は地点 t での衝突危険度(PICUD)(m)、 v^t は地点 t での速度(m/s)、 h^t は地点 t での車頭時間(s)、 v^d はドライバーの希望走行速度(m/s)、 a は減速度(-3.3m/s²)、 l は車長(m)、 Δt は反応速度(0.75s)、 $\lambda_1, \lambda_2, \mu$ はパラメータであり、添え字の-1,0,1はそれぞれ後方車との、自車の、前方車との、という意味を表している。

これらを用いることで指標値を求められる。しかし(2)式の地点 t における瞬間効用値とその地点間変化量を求めるためにはミクロ交通流シミュレーションを実施する必要があった。そこで辻谷ら³⁾は次に述べる手法を提案した。

2.2 モンテカルロ法を用いた評価値分布導出法

辻谷ら³⁾は瞬間効用値の相対頻度分布が(4)式のシフトした対数正規分布に従うと仮定した。

$$f(U - \alpha) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}(\zeta(U - \alpha))} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln(U - \alpha) - \lambda}{\zeta'} \right)^2 \right] \quad (4)$$

$$U - \alpha \geq 0$$

ここに、 U は瞬間効用値、 α, ζ, λ はパラメータである。また地点 $t-1$ から地点 t への瞬間効用値の変化量の相対頻度分布が(5)式のコーシー分布に従うと仮定した。

$$g(U^{t+1}|U^t) = \frac{\tau}{\pi((U' - \mu)^2 + \tau^2)}, -\infty < U' < \infty \quad (5)$$

ここに、 $U' (= U^t - U^{t-1})$ は2地点間の瞬間効用値の差、 μ, τ はパラメータである。

そして(4)(5)式の各パラメータと観測交通量を線形式で関連付け、モンテカルロシミュレーションにより各地点の瞬間効用値と地点評価値、および拠点間アクセシビリティ評価値を車両ごとに求め、評価値分布を算出する手法を提案した。しかし、モンテカルロ法に

依拠した導出法という点でなお、簡便とはいえない。

3. 道路交通特性関連性分析に基づく評価値分布推定法

そこで、本研究では拠点間アクセシビリティ評価値分布のパラメータを被説明変数、道路管理者が観測容易な常時観測交通特性値を説明変数として重回帰分析を行い、前者を後者から直接推計する方法を開発する。

分析に使用するデータとして、ミクロ交通流シミュレーションモデルを用いて表-1 に示す条件の組み合わせ、210通りの交通状況(自由流)を生成した。

表-1 設定した交通状況

交通量(台/時)	300,400,500,600,700, 800,900,1000,1200,1400, 1600,2000,2500,3000
目標旅行速度(km/時)	60,80,100
区間距離(km)	4,8,12,16,20
車線数	2

常時観測調査地点を想定して1km毎に各車両の速度や車頭時間などの情報を収集し、各車両毎に(1)~(3)式に代入することで指標値および指標値の相対頻度分布を求めた。そして指標値分布の分布形として(6)に示すシフトした対数正規分布を仮定し、最小二乗法を用いてパラメータ推定を行った。

$$f(A - \alpha') = \frac{1}{\sqrt{2\pi}(\zeta'(A - \alpha'))} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln(A - \alpha') - \lambda'}{\zeta'} \right)^2 \right], \quad (6)$$

$$A - \alpha' \geq 0$$

ここに、 A は拠点間アクセシビリティ評価値、 α' 、 ζ' 、 λ' はパラメータである。

KS 検定の結果、195 パターンで実測した相対頻度分布がシフトした対数正規分布に適合していることが確認された。この195パターンを用い、パラメータ α' 、 ζ' 、 λ' を被説明変数、交通密度 K (台/km)、目標旅行速度 v_{goal} (km/時)、区間距離 S (km)を説明変数とする重回帰分析を行い、以下の関係式を得た。

$$\alpha' = -0.016K - 0.435S + 0.046v_{goal} + 0.095 \quad (7)$$

$$\zeta' = -0.016K + 0.008S - 0.017v_{goal} + 2.386 \quad (8)$$

$$\lambda' = -0.069K - 0.012S + 0.011v_{goal} + 0.086 \quad (9)$$

(7)~(9)式の決定係数はそれぞれ0.85、0.46、0.56となり、中程度から高程度の相関を示す結果となった。

4. 指標値分布の推計結果

シミュレーションで生成したデータに基づき、関係式(7)~(9)から求めた指標値分布と実測値分布との関係を図-1 に例示する。また両者の一致の精度をKS 検定により行った結果を表-2 に示す。

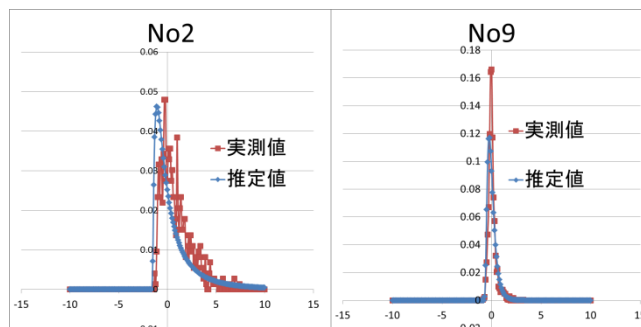


図-1 実測値との関係(実験 No2, 9 を抜粋)

表-2 指標値分布の検定結果

実験No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
区間距離(km)	4	12	20	12	20	4	20	4	12
交通量(台/時)	599	927	1075	1379	1896	2162	2337	3002	3602
交通密度(台/km)	5.6	6.2	5.9	12.2	11.8	11.3	20.0	19.0	18.7
目標旅行速度(km/時)	60.0	80.0	100.0	60.0	80.0	100.0	60.0	80.0	100.0
D値	0.378	0.230	0.445	0.171	0.386	0.616	0.862	0.189	0.148
D棄却限界値	0.202	0.196	0.196	0.223	0.246	0.269	0.269	0.300	0.300

良好な一致が認められたケースがある一方で、必ずしも高い説明力が得られなかったケースも存在する結果となった。これは(8)式と(9)式の決定係数が十分高くないことに起因するものと考えられる。

5. おわりに

本研究では拠点間アクセシビリティ評価値導出の複雑さを解消するために、交通特性と拠点間アクセシビリティ評価値分布の関連性分析を行い、得られた関係式に基づく、既往研究と比較するとはるかに簡便な性能評価値分布の推計手法を提案した。しかし、一部関係式では分布の適合度が低いものもあり、説明変数の選定に改善の余地があることが示された。今後はより説明力の高い関係式を見出したい。

参考文献

- 1) 中村英樹, 大口敬: 性能照査型道路計画設計の導入に向けて, 土木学会論文集 D3, Vol.67, No.3, pp.195-202, 2011
- 2) 喜多秀行, 浅香遼, 渡邊友崇, 辻谷純, 四辻裕文: 円滑性と安全性に着目した道路の性能評価指標, 土木学会論文集 D3, Vol.71, No.5, pp.985-990, 2015
- 3) 辻谷純, 喜多秀行, 渡邊友崇, 四辻裕文: 常時観測データに基づく道路の性能評価指標値の推計手法: 土木計画学研究・講演集, 2015